

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
11 DE 3445056 A1

51 Int. Cl. 3:
C22 C 38/44
C 21 D 1/26

21 Aktenzeichen: P 34 45 056.4
22 Anmeldetag: 11. 12. 84
43 Offenlegungstag: 13. 6. 85

Schönwälder

DE 3445056 A1

30 Unionspriorität: 32 33 31
13.12.83 US 560,932

71 Anmelder:
Carpenter Technology Corp., Reading, Pa., US

74 Vertreter:
Schönwald, K., Dr.-Ing.; von Kreisler, A.,
Dipl.-Chem.; Fues, J., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Keller,
J., Dipl.-Chem.; Selting, G., Dipl.-Ing.; Werner, H.,
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 5000 Köln

72 Erfinder:
Debold, Terry Allen, Wyomissing, Pa., US; Magee
jun., John Hambach; Schmidt, Norman Bernard,
Reading, Pa., US

54 Austenitische, nichtrostende Stahl-Legierung und aus diesem hergestellte Gegenstände

Ein großer Gegenstand aus einer austenitischen, nichtmagnetischen, nichtrostenden Stahllegierung, der zwischen etwa 815°C und 900°C (1500°F und 1650°F) signifikant warmverformt, jedoch nicht anschließend gegläht ist, besitzt eine erhöhte 0,2%ige Streckfestigkeit von wenigstens 620 MPa (90 ksi) und erleidet nach Formen zu einem U-Krümmen innerhalb von 700 h in siedendem gesättigtem Natriumchlorid, das 2 Gew.-% Ammoniumsulfid enthält, keine Spannungsrisikokorrosion. Die Legierung des Gegenstandes besteht im wesentlichen aus

Element	Gew.-%
C	max. 0,02
Mn	3,0 - 9,0
Si	max. 0,5
Cr	18 - 23
Ni	15 - 22
Mo	2,5 - 6,5
N	min. 0,2
3 Mo + Cr	29,5

Element	Gew.-%
C	max. 0,1
Mn	1 - 11
Si	max. 0,6
Cr	18 - 23
Ni	14 - 25
Mo	2,5 - 6,5
Cu	max. 2
B	max. 0,01
N	min. 0,15

$$\text{und } C + N \geq \frac{Cr + Mo + 1,5 Si + 0,87 Mn - Ni - 6,1}{30}$$

und Eisen als Rest. Eine bevorzugte Legierung für diesen Gegenstand enthält etwa

DE 3445056 A1

VON KREISLER SCHÖNWALD EISHOLD FUES
VON KREISLER KELLER SELTING WERNER

3445056

Carpenter Technology Corporation
Reading, Pa. 19603, U.S.A.

PATENTANWÄLTE

Dr.-Ing. von Kreisler † 1973
Dr.-Ing. K. W. Eishold † 1981
Dr.-Ing. K. Schönwald
Dr. J. F. Fues
Dipl.-Chem. Alek von Kreisler
Dipl.-Chem. Carola Keller
Dipl.-Ing. G. Selting
Dr. H.-K. Werner

DEICHMANNHAUS AM HAUPTBAHNHOF
D-5000 KÖLN 1

07. Dezember 1984

AvK/GF 1226

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Gegenstand aus einer austenitischen nichtrostenden Stahllegierung, dadurch gekennzeichnet, daß er einen Querschnitt großer Abmessungen besitzt, daß er zwischen etwa 815°C und 900°C (1500°F und 1650°F) warmverformt, jedoch nicht anschließend gegläht ist, wodurch eine erhöhte 0,2-proz. Streckfestigkeit von wenigstens 620 MPa (90 ksi) erreicht wird, und der nach Formen zu einem U-Krümmen innerhalb von 700 h in siedendem gesättigten Natriumchlorid, das 2 Gew.-% Ammoniumbisulfit enthält, keine Spannungsrißkorrosion erleidet, wobei die Legierung des Gegenstandes im wesentlichen aus

<u>Element</u>	<u>Gew.-%</u>
C	max. 0,1
Mn	1 - 11
Si	max. 0,6
Cr	18 - 23
Ni	14 - 25
Mo	2,5 - 6,5
Cu	max. 2
B	max. 0,01

11 12 84

3445056

- 2 -

besteht und der N-Gehalt im Bereich von einem Minimalwert von 0,15 Gew.-% bis nicht mehr als der Menge, die in fester Lösung gehalten werden kann, liegt, wobei die Ausgleichsmenge zu 100 Gew.-% im wesentlichen aus Eisen besteht und die Bereiche der Elemente in der Legierung so untereinander ausgeglichen sind, daß C + N wenigstens etwa gleich

$$\frac{\text{Cr} + \text{Mo} + 1,5 \text{ Si} + 0,87 \text{ Mn} - \text{Ni} - 6,1}{30} \quad \text{ist.}$$

2. Gegenstand nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch Gehalte an

<u>Element</u>	<u>Gew.-%</u>
Mn	3,0 - 9,0
Si	max. 0,5
Ni	15 - 22
Cu	max. 1

3. Gegenstand nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch Gehalte an

<u>Element</u>	<u>Gew.-%</u>
Mn	3,5 - 7,5
Cr	19,0 - 22,0
Ni	16,0 - 21,0
Mo	4,8 - 6,0

4. Gegenstand nach Anspruch 1, 2 oder 3, gekennzeichnet durch Gehalte an

<u>Element</u>	<u>Gew.-%</u>
Mn	4,0 - 6,0
Cr	19,5 - 21,0
Ni	17,0 - 20,0
Mo	5,0 - 5,6

11.12.64

- 3 -

3445056

5. Gegenstand nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß 3 Mo + Cr wenigstens gleich 29,5 ist.
6. Gegenstand nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß 3 Mo + Cr wenigstens gleich 35,0 ist.
7. Gegenstand nach Anspruch 2 oder 3, gekennzeichnet durch einen N-Gehalt von wenigstens 0,20 Gew.-%.
8. Gegenstand nach Anspruch 3 oder 4, gekennzeichnet durch einen N-Gehalt von wenigstens 0,25 Gew.-%.
9. Gegenstand nach Anspruch 4 oder 6, gekennzeichnet durch einen N-Gehalt von wenigstens 0,30 Gew.-%.
10. Gegenstand nach Anspruch 2, 3, 4, 5 oder 7, gekennzeichnet durch

$$C + N \geq \frac{Cr + Mo + 1,5 Si + 0,87 Mn - Ni - 4,3}{30} .$$
11. Gegenstand nach Anspruch 3, 4, 6 oder 8, gekennzeichnet durch

$$C + N \geq \frac{Cr + Mo + 1,5 Si + 0,87 Mn - Ni - 2,7}{30} .$$
12. Gegenstand nach Anspruch 4, 6 oder 9, gekennzeichnet durch

$$C + N \geq \frac{Cr + Mo + 1,5 Si + 0,87 Mn - Ni - 1,4}{30} .$$
13. Gegenstand nach Anspruch 2, 5, 7 oder 10, gekennzeichnet durch einen Kohlenstoff-Gehalt von maximal 0,07 Gew.-%.

11-12-84

3445056

- 4 -

14. Gegenstand nach Anspruch 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11 oder 12, gekennzeichnet durch einen Kohlenstoff-Gehalt von maximal 0,02 Gew.-%.
15. Verwendung einer austenitischen nichtrostenden Stahlliegierung für einen einen großen Querschnitt aufweisenden Gegenstand, der bei Ölbohrarbeiten der Bohrflüssigkeit oder dem Spülschlamm ausgesetzt ist, wobei der Gegenstand zwischen etwa 815°C und 900°C (1500°F und 1650°F) warmverformt, jedoch nicht anschließend gegläht worden ist, wodurch eine erhöhte 0,2-proz. Streckfestigkeit von wenigstens 620 MPa (90 ksi) erreicht wird, und der nach Formen zu einem U-Krümmen innerhalb von 700 h in siedendem gesättigten Natriumchlorid, das 2 Gew.-% Ammoniumbisulfit enthält, keine Spannungsrißkorrosion erleidet, wobei die Legierung des Gegenstandes im wesentlichen aus

<u>Element</u>	<u>Gew.-%</u>
C	max. 0,1
Mn	1 - 11
Si	max. 0,6
Cr	18 - 23
Ni	14 - 25
Mo	2,5 - 6,5
Cu	max. 2
B	max. 0,01

besteht und der N-Gehalt im Bereich von einem Minimalwert von 0,15 Gew.-% bis nicht mehr als der Menge, die in fester Lösung gehalten werden kann, liegt, wobei die Ausgleichsmenge zu 100 Gew.-% im wesentlichen aus Eisen besteht und die Bereiche der Elemente in der Legierung so untereinander ausgeglichen sind, daß C + N wenigstens etwa gleich

11.12.64

3445056

- 5 -

$\frac{\text{Cr} + \text{Mo} + 1,5 \text{ Si} + 0,87 \text{ Mn} - \text{Ni} - 6,1}{30}$ ist.

16. Verfahren zur Herstellung eines Gegenstandes aus einer austenitischen nichtrostenden Stahllegierung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Legierung zwischen etwa 815°C und 900°C (1500°F und 1650°F) warmverformt, jedoch nicht anschließend gegläht wird, wodurch eine erhöhte 0,2-proz. Streckfestigkeit von wenigstens 620 MPa (90 ksi) erreicht wird, und nach dem Warmverformen der Legierung abgeschreckt wird, um die Bildung der Sigma-Phase und von Carbid- oder Carbonitrid-Niederschlägen auf ein Minimum zu senken.
17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Legierung vor dem Warmverformen bei etwa 1120°C bis 1260°C (etwa 2050°F bis 2300°F) geschmiedet wird.
18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Legierung vor dem Warmverformen bei etwa 1150°C bis 1260°C (etwa 2100°F bis 2300°F) homogenisiert wird.
19. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Warmverformen eine gegossene abschmelzbare Elektrode umgeschmolzen, bei etwa 1150°C bis 1260°C (etwa 2100°F bis 2300°F) und von einer Ofentemperatur von etwa 1120°C bis 1260°C (2050°F bis 2300°F) heißverformt wird.
20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Legierung vor dem Warmverformen bei etwa 1050°C bis 1205°C (etwa 1900°F bis 2200°F) eine Zeitspanne gegläht wird, die von der Größe des hergestellten Gegenstandes abhängt.

1.12.64

3445056

- 6 -

21. Austenitische nichtrostende Stahllegierung, dadurch gekennzeichnet, daß sie im wesentlichen aus etwa (in Gew.-%)

<u>Element</u>	<u>Gew.-%</u>
C	max. 0,02
Mn	3,0 - 9,0
Si	max. 0,5
Cr	18 - 23
Ni	15 - 22
Mo	2,5 - 6,5
Cu	max. 2
B	max. 0,01

und einem N-Gehalt im Bereich von einem Minimalwert von etwa 0,20 Gew.-% bis nicht mehr als der Menge, die in fester Lösung gehalten werden kann, besteht, wobei die Ausgleichsmenge zu 100 Gew.-% im wesentlichen Eisen ist und die Bereiche der Elemente in der Legierung so untereinander ausgeglichen sind, daß C + N wenigstens etwa gleich

$$\frac{\text{Cr} + \text{Mo} + 1,5 \text{ Si} + 0,87 \text{ Mn} - \text{Ni} - 6,1}{30} \text{ ist,}$$

so daß ein einen großen Querschnitt aufweisendes Werkstück aus der Legierung, das in signifikantem Maße etwa zwischen 815°C und 900°C (etwa 1500°F und 1650°F) warmbearbeitet ist, jedoch nicht anschließend gegläht worden ist, eine 0,2-proz. Streckfestigkeit von wenigstens etwa 620 MPa (etwa 90 ksi) besitzt und nach Formen zu einem U-Krümmen innerhalb von 700 h in siedendem gesättigten Natriumchlorid, das 2 Gew.-% Ammoniumbisulfit enthält, keine Spannungsrißkorrosion erleidet.

11.12.84

- 7 -

3445056

22. Legierung nach Anspruch 21, gekennzeichnet durch Gehalte von etwa

<u>Element</u>	<u>Gew.-%</u>
Mn	3,5 - 7,5
Cr	19,0 - 22,0
Ni	16,0 - 21,0
Mo	4,8 - 6,0

23. Legierung nach Anspruch 21, gekennzeichnet durch Gehalte von etwa

<u>Element</u>	<u>Gew.-%</u>
Mn	4,0 - 6,0
Cr	19,5 - 21,0
Ni	17,0 - 20,0
Mo	5,0 - 5,6

24. Legierung nach Anspruch 22, gekennzeichnet durch einen N-Gehalt von wenigstens etwa 0,25 Gew.-%.

25. Legierung nach Anspruch 23, gekennzeichnet durch einen N-Gehalt von wenigstens etwa 0,30 Gew.-%.

26. Legierung nach irgendeinem der Ansprüche 21 bis 25, gekennzeichnet durch

$$C + N \geq \frac{Cr + Mo + 1,5 Si + 0,87 Mn - Ni - 4,3}{30} .$$

27. Legierung nach irgendeinem der Ansprüche 21 bis 25, gekennzeichnet durch

$$C + N \geq \frac{Cr + Mo + 1,5 Si + 0,87 Mn - Ni - 2,7}{30} .$$

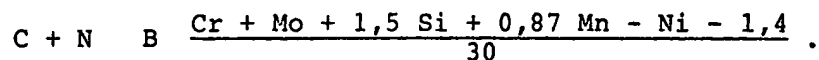
28. Legierung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß $3 Mo + Cr$ wenigstens gleich 35,0 ist.

11.12.8

3445056

- 8 -

29. Legierung nach Anspruch 28, gekennzeichnet durch



30. Legierung nach irgendeinem der Ansprüche 21 bis 27 oder 29, dadurch gekennzeichnet, daß 3 Mo + Cr wenigstens gleich 29,5 ist.

31. Schwerstange oder dergleichen, dadurch gekennzeichnet, daß sie aus einer Legierung gemäß den Ansprüchen 1 bis 30 hergestellt ist.

Austenitische, nichtrostende Stahl-Legierung
und aus diesem hergestellte Gegenstände

Die vorliegende Erfindung betrifft Gegenstände mit großem Querschnitt / d.h. mit einem Durchmesser von etwa 12,7 cm (5 inch) oder größer_, die aus einer warmbearbeiteten austenitischen, nicht-magnetischen (d.h., daß

5 die magnetische Permeabilität kleiner als 1,02 ist) nichtrostenden Stahl-Legierung hergestellt sind. Diese Gegenstände besitzen hohe Festigkeitswerte, insbesondere hohe Streckfestigkeit und Wechselfestigkeit, und hohe Werte der Korrosionsbeständigkeit, insbesondere

10 der Beständigkeit gegen Lochfraß-Korrosion (Pitting) durch Chlorid, Spaltkorrosion und Spannungsrißkorrosion. Diese Eigenschaften machen solche Gegenstände für eine Verwendung für Ausrüstungen zum Bohren nach Öl wie Schwerstangen oder Gehäuse für Geräte zur Vermessung

15 während des Bohrens / measurement-while-drilling (MWD) assembly_ geeignet, d.h. Geräte, die der Bohrflüssigkeit und dem Spülschlamm ausgesetzt sind. Die vorliegende Erfindung betrifft außerdem eine Legierung mit besonders hoher Beständigkeit gegen Lochfraß-Korrosion,

20 die diese Legierung für die Fertigung solcher Gegenstände wie einer Bohr-Schwerstange besonders geeignet macht.

Bisher waren Gegenstände wie Schwerstangen für Bohrungen anfällig gegen raschen Ausfall infolge einer durch

25 Spannungskorrosion verursachten Rißbildung und/oder Korrosionsermüdung. Es wurde geargwöhnt, daß die beträchtliche Chlorid-Lochfraß-Korrosion der Schwerstangen wenigstens zum Teil für diese durch die Rißbildung verursachten Probleme verantwortlich ist.

11-15-64

3445056

- 10 -

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Gegenstand aus einer austenitischen, nicht-magnetischen nicht-rostenden Stahl-Legierung verfügbar gemacht, der

- a) einen Querschnitt großer Abmessungen besitzt,
- 5 b) in signifikantem Maße etwa zwischen 815°C und 900°C (etwa 1500°F und 1650°F) warmbearbeitet ist, jedoch nicht anschließend [d.h. durch Erhitzen auf etwa 1040°C bis 1205°C (1900 bis 2200°F)] an-
- 10 c) eine 0,2-proz. Streckfestigkeit bei wenigstens etwa 620 MPa (etwa 90 ksi) besitzt und
- d) nach Formen zu einem U-Krümmen (wie in ASTM G 30-79 beschrieben und in der Fig. 5 dersel-
- 15 ben dargestellt ist) innerhalb von 700 h in einer Lösung, die die Wirkungen von Bohrflüssigkeit oder Spülschlamm simuliert, etwa siedendem gesättigten Natriumchlorid, das 2 Gew.-% (w/o) Ammoniumbisul-
- 20 fit enthält, keine Spannungsrißkorrosion erleidet (d.h. unter 20-facher Vergrößerung keine sichtba-
- 25 ren Risse zeigt. Der breite, der bevorzugte, der besonders bevorzugte und der ganz besonders bevor-
- zugte Bereich der Formen der Legierung des groß-formatigen warmbearbeiteten Gegenstandes gemäß der vorliegenden Erfindung lassen sich in zweckmäßiger Form durch die Angaben der ungefähren Mengen ihrer wesentlichen Bestandteile zusammenfassen:

11.12.54

3445056

- 11 -

<u>Elemente</u>	<u>Breite</u>	<u>Bevorzugte</u>	<u>Besonders</u>	<u>Ganz besonders</u>
	<u>Bereiche</u>	<u>Bereiche</u>	<u>bevorzugte</u>	<u>bevorzugte</u>
	(w/o)	(w/o)	<u>Bereiche</u> (w/o)	<u>Bereiche</u> (w/o)
C	max. 0,1	max. 0,07	max. 0,02	
5 Mn	1 - 11	3,0 - 9,0	3,5 - 7,5	4,0 - 6,0
Si	max. 0,6	max. 0,5		
Cr	18 - 23	18 - 23	19,0 - 22,0	19,5 - 21,0
Ni	14 - 25	15 - 22	16,0 - 21,0	17,0 - 20,0
Mo	2,5 - 6,5	2,5 - 6,5	4,8 - 6,0	5,0 - 5,6
10 Cu	max. 2	max. 1		
B	max. 0,01			
N	min. 0,15	min. 0,20	min. 0,25	min 0,30

Hierbei gelten noch folgende Bedingungen:

3 Mo + Cr	≥	29,5	≥	35,0
15 und für				
die breiten				
Bereiche:	$C + N \geq$	$\frac{Cr + Mo + 1,5 Si + 0,87 Mn - Ni - 6,1}{30}$,
die bevorzug-				
ten Bereiche:	$C + N \geq$	$\frac{Cr + Mo + 1,5 Si + 0,87 Mn - Ni - 4,3}{30}$,
20 die besonders				
bevorzugten				
Bereiche:	$C + N \geq$	$\frac{Cr + Mo + 1,5 Si + 0,87 Mn - Ni - 2,7}{30}$		und
die ganz besonders				
bevorzugten				
25 Bereiche:	$C + N \geq$	$\frac{Cr + Mo + 1,5 Si + 0,87 Mn - Ni - 1,4}{30}$.

Der Rest zu 100 Gew.-% der Legierung besteht im wesentlichen aus Eisen, ausgenommen zufallsbedingte Verunreinigungen, die umfassen können: bis zu etwa 0,04 Gew.-%, vorzugsweise nicht mehr als etwa 0,03 Gew.-%, Phosphor, bis zu etwa 0,03 Gew.-%, vorzugsweise nicht mehr als etwa 0,01 Gew.-%, Schwefel, bis zu etwa 0,5 Gew.-%, vorzugsweise nicht mehr als etwa 0,2 Gew.-%, Wolfram, bis zu etwa 0,5 Gew.-%, vorzugsweise nicht mehr als etwa 0,2 Gew.-%, Vanadium, bis zu etwa 0,1 Gew.-% Niob,

bis zu etwa 0,7 Gew.-%, vorzugsweise nicht mehr als etwa 0,3 Gew.-%, Cobalt und bis zu etwa 0,1 Gew.-% solcher Elemente wie Aluminium, Magnesium und Titan und bis zu etwa 0,1 Gew.-% Mischmetall, das beim Raffinieren der Legierung verwendet werden kann.

Der vorstehenden tabellarischen Aufstellung liegt nicht der Sinn zugrunde, die bevorzugten Bereiche der Elemente der Legierung gemäß der vorliegenden Erfindung allein auf den Einsatz in der betreffenden Kombination miteinander, die besonders bevorzugten Bereiche der Elemente der Legierung gemäß der vorliegenden Erfindung allein auf den Einsatz in der betreffenden Kombination miteinander oder die ganz besonders bevorzugten Bereiche der Elemente der Legierung gemäß der vorliegenden Erfindung allein auf den Einsatz in der betreffenden Kombination miteinander zu beschränken. Demgemäß können einer oder mehrere der bevorzugten Bereiche zusammen mit einem oder mehreren der breiten Bereiche für die übrigen Elemente und/oder mit einem oder mehreren der besonders bevorzugten Bereiche für die übrigen Elemente und/oder mit einem oder mehreren der ganz besonders bevorzugten Bereiche für die übrigen Elemente eingesetzt werden. Außerdem kann eine Grenze des bevorzugten Bereichs für ein Element mit einer Grenze des breiten Bereichs oder mit einer Grenze des besonders bevorzugten Bereichs oder mit einer Grenze des ganz besonders bevorzugten Bereichs verwendet werden.

Die vorliegende Erfindung betrifft außerdem Gegenstände der beschriebenen und beanspruchten Art, die bei ihrem Einsatz der Bohrflüssigkeit oder dem Spülschlamm bei Ölbohroperationen ausgesetzt sind, sowie die Verfahren zu ihrer Herstellung.

11.12.64

3445056

- 13 -

Bei der austenitischen, nicht-magnetischen nichtrostenden Stahl-Legierung für den großformatigen, warmbearbeiteten Gegenstand gemäß der vorliegenden Erfindung werden nicht mehr als etwa 0,1 Gew.-% Kohlenstoff verwendet. Obwohl Kohlenstoff ein starker Austenit-Bildner ist und zur Zugfestigkeit und Streckfestigkeit beiträgt, wird bevorzugt, daß der Kohlenstoff-Gehalt auf einem Minimalwert gehalten wird, um ein Ausfallen chromreicher Carbonitride oder Carbide (z.B. $M_{23}C_6$) an den Korngrenzen beim Erhitzen der Legierung auf ein Minimum herabzudrücken. Vorzugsweise gelangen nicht mehr als etwa 0,07 Gew.-% Kohlenstoff, insbesondere nicht mehr als 0,02 Gew.-% Kohlenstoff (z.B. bis hinab zu etwa 0,001 bis 0,005 Gew.-% Kohlenstoff) zur Verwendung. Dadurch wird die Anfälligkeit des Gegenstandes gemäß der vorliegenden Erfindung gegen Korrosion, die durch Niederschläge an den Korngrenzen ausgelöst wird, herabgesetzt. In dieser Beziehung verstärkt ein Einsatz des besonders bevorzugten Maximalwertes von 0,02 Gew.-% Kohlenstoff in Kombination mit den bevorzugten Bereichen für Mangan, Silicium und Nickel und den bevorzugten Grenzwerten für Stickstoff und (3 Mo + Cr) die Korrosionsbeständigkeit des Gegenstandes gegen Chlorid-Lochfraß, so daß er keinen durch Chlorid-Lochfraß bedingten Gewichtsverlust von mehr als etwa 5 mg/cm² beim Test gemäß ASTM G 48-76 erleidet (d.h. bei 72 h in 10 Gew.-% $FeCl_3 \cdot 6 H_2O$ bei 25°C). Etwa 0,01 Gew.-% Kohlenstoff werden mit Rücksicht auf die Kosten der Senkung des Kohlenstoff-Gehalts unter etwa 0,01 Gew.-% als praktikabler und demgemäß bevorzugter, jedoch nicht unabdingbarer Minimalwert angesehen.

Mangan bewirkt eine Erhöhung der Löslichkeit des Stickstoffs in der Legierung des erfindungsgemäßen Gegenstandes und wird zur Sicherstellung der Retention des

11-11-64

3445056

- 14 -

Stickstoffs in fester Lösung ungeachtet der Tatsache eingesetzt, daß ein Teil des Stickstoffs benötigt wird, um gewisse nachteilige Wirkungen des Mangans auf die Korrosionsbeständigkeit des Gegenstandes auszugleichen.

5 Mangan betätigt sich auch als Reinigungsmittel für unerwünschte Elemente (z.B. Schwefel) und verstärkt etwas die Warmverformbarkeit der Legierung. Aus diesen Gründen enthält die Legierung wenigstens etwa 1 Gew.-%, vorzugsweise wenigstens etwa 3,0 Gew.-%, besonders be-

10 vorzuzugt wenigstens etwa 3,5 Gew.-% und ganz besonders bevorzugt wenigstens etwa 4,0 Gew.-% Mangan. Mangan kann jedoch die Bildung der Sigma-Phase fördern, die a) beim Vorliegen in der Legierung diese hart und spröde macht und es dadurch schwierig macht, die Legierung

15 warm zu verformen und den Gegenstand gemäß der vorliegenden Erfindung mit einer 0,2-prozentigen Streckfestigkeit von wenigstens etwa 620 MPa (etwa 90 ksi), vorzugsweise von wenigstens etwa 760 MPa (etwa 110 ksi), auszustatten, und b) beim Vorliegen in dem

20 Gegenstand den Gegenstand korrosionsanfällig macht, insbesondere gegenüber Lochfraß-Korrosion durch Chlorid, und die mechanischen Eigenschaften des Gegenstandes wie seine Schlagfestigkeit und Ziehbarkeit mindert. Aus diesem Grunde enthält die Legierung nicht mehr als

25 etwa 11 Gew.-%, vorzugsweise nicht mehr als etwa 9,0 Gew.-%, besonders bevorzugt nicht mehr als etwa 7,5 Gew.-% und ganz besonders bevorzugt nicht mehr als etwa 6,0 Gew.-% Mangan.

Silicium wirkt als Desoxidationsmittel. Silicium ist

30 jedoch ein Ferritbildner und fördert ebenfalls die Bildung der Sigma-Phase. Demgemäß sind in der Legierung des Gegenstandes gemäß der vorliegenden Erfindung nur bis zu etwa 0,6 Gew.-% Silicium, vorzugsweise nicht mehr als etwa 0,5 Gew.-% Silicium, anwesend.

11.12.64

3445056

- 15 -

Chrom verleiht dem Gegenstand gemäß der vorliegenden Erfindung Korrosionsbeständigkeit. In dieser Hinsicht vermittelt Chrom eine signifikante Beständigkeit gegen Korrosion im allgemeinen und Korngrenzenkorrosion sowie gegen Lochfraß-Korrosion durch Chlorid und Spaltkorrosion. Chrom erhöht außerdem die Löslichkeit von Stickstoff in der Legierung des Gegenstandes. Aus diesem Grunde enthält die Legierung vorzugsweise wenigstens etwa 18 Gew.-% Chrom. Chrom ist jedoch ein Ferritbildner und fördert ebenfalls die Bildung der Sigma-Phase. Aus diesem Grunde enthält die Legierung vorzugsweise nicht mehr als etwa 23 Gew.-% Chrom als Legierungsbestandteil. Die Verwendung von etwa 19,0 bis 22,0 Gew.-% Chrom wird besonders bevorzugt, und die Verwendung von etwa 19,5 bis 21,0 Gew.-% Chrom wird ganz besonders bevorzugt.

In dem Gegenstand gemäß der vorliegenden Erfindung bedingt Molybdän eine signifikante Korrosionsbeständigkeit, insbesondere Beständigkeit gegen Lochfraß-Korrosion durch Chlorid, Spaltkorrosion und Spannungsrißkorrosion in Natriumchlorid enthaltender Umgebung. Man nimmt an, daß Molybdän ebenfalls die Löslichkeit von Stickstoff in der Legierung des Gegenstandes erhöht. Aus diesem Grunde enthält die Legierung vorzugsweise wenigstens etwa 2,5 Gew.-%, besonders bevorzugt wenigstens etwa 4,8 Gew.-% und ganz besonders bevorzugt wenigstens etwa 5,0 Gew.-% Molybdän. Molybdän ist jedoch ein Ferritbildner und fördert ebenfalls die Bildung der Sigma-Phase. Aus diesem Grunde enthält die Legierung vorzugsweise nicht mehr als etwa 6,5 Gew.-%, besonders bevorzugt nicht mehr als 6,0 Gew.-% und ganz besonders bevorzugt nicht mehr als 5,6 Gew.-% Molybdän.

11.11.84

3445056

- 16 -

In der Legierung des Gegenstandes gemäß der vorliegen-
den Erfindung ist bevorzugt $3 \text{ Mo} + \text{Cr} \geq 29,5$ und be-
sonders bevorzugt $3 \text{ Mo} + \text{Cr} \geq 35,0$. Dadurch enthält die
Legierung genügend Chrom und Molybdän, so daß sicherge-
stellt ist, daß der Gegenstand gemäß der vorliegenden
5 Erfindung eine solche Beständigkeit gegen Lochfraß-Kor-
rosion durch Chlorid aufweist, daß er einen durch Chlo-
rid-Lochfraß bedingten Gewichtsverlust von nicht mehr
als etwa 20 mg/cm^2 , vorzugsweise von nicht mehr als
10 etwa 10 mg/cm^2 , beim Test gemäß ASTM G 48-76 erleidet
(d.h. bei 72 h in 10 Gew.-% $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}$ bei 25°C).

Nickel ist ein starker Austenit-Bildner und hemmt die
Bildung der Sigma-Phase. Nickel verleiht ebenfalls all-
gemeine Korrosionsbeständigkeit in einer Säuren, etwa
15 Schwefelsäure und Salzsäure, enthaltenden Umgebung
sowie Beständigkeit gegen Spannungsrißkorrosion in
Chlorid enthaltender Umgebung. Aus diesem Grunde ent-
hält die Legierung des Gegenstandes gemäß der vorlie-
genden Erfindung wenigstens etwa 14 Gew.-%, vorzugs-
20 weise wenigstens etwa 15 Gew.-%, besonders bevorzugt
wenigstens etwa 16,0 Gew.-% und ganz besonders bevor-
zugt wenigstens etwa 17,0 Gew.-% Nickel. Nickel ist
jedoch relativ teuer. Außerdem kann Nickel auch die
Löslichkeit des Stickstoffs in der Legierung verrin-
25 gern. Überdies lassen sich die meisten durch Nickel-
Zusatz erreichten Vorteile in bezug auf die Korrosions-
beständigkeit mit bis zu etwa 25 Gew.-% Nickel in dem
Gegenstand gemäß der vorliegenden Erfindung erzielen.
Aus diesen Gründen enthält die Legierung des Gegen-
30 standes nicht mehr als etwa 25 Gew.-%, vorzugsweise
nicht mehr als etwa 22 Gew.-%, besonders bevorzugt
nicht mehr als etwa 21,0 Gew.-% und ganz besonders
bevorzugt nicht mehr als etwa 20,0 Gew.-% Nickel.

11.12.54

3445056

- 17 -

Wenn Kupfer der Legierung des Gegenstandes der vorliegenden Erfindung zugesetzt wird, vermag es signifikante Korrosionsbeständigkeit zu verleihen, insbesondere allgemeine Korrosionsbeständigkeit in einer Säuren wie Schwefelsäure enthaltenden Umgebung. Kupfer ist ebenfalls ein Austenit-Bildner. Die meisten durch Kupfer-Zusatz erreichten Vorteile lassen sich jedoch mit bis zu 2 Gew.-% Kupfer in dem Gegenstand gemäß der vorliegenden Erfindung erzielen, und mehr als etwa 1 Gew.-% Kupfer können die Beständigkeit gegen Lochfraß-Korrosion durch Chlorid nachteilig beeinflussen. Aus diesen Gründen sowie zur weitestmöglichen Senkung der Kosten des Gegenstandes wird der Kupfer-Gehalt auf maximal etwa 2 Gew.-%, vorzugsweise auf maximal etwa 1 Gew.-%, begrenzt.

Stickstoff ist ein starker Austenit-Bildner und trägt zur Zugfestigkeit, Wechselfestigkeit, Streckfestigkeit und Beständigkeit gegen Lochfraß-Korrosion durch Chlorid des Gegenstandes gemäß der vorliegenden Erfindung bei. Stickstoff hemmt ebenfalls die Bildung der Sigma-Phase. Aus diesen Gründen kann Stickstoff in der Legierung des Gegenstandes bis zum Grenzwert seiner Löslichkeit vorliegen, der bis zu etwa 0,45 Gew.-% oder sogar noch mehr (z.B. bis zu etwa 0,6 Gew.-%) betragen kann. Hohe Stickstoff-Gehalte können jedoch dazu führen, daß die Legierung steifer wird und sich dadurch schwerer warmverformen läßt. Gemäß der vorliegenden Erfindung enthält die Legierung wenigstens etwa 0,15 Gew.-%, vorzugsweise wenigstens etwa 0,20 Gew.-%, besonders bevorzugt wenigstens etwa 0,25 Gew.-% und ganz besonders bevorzugt wenigstens etwa 0,30 Gew.-% Stickstoff.

11.10.64

3445056

- 18 -

Bis zu etwa 0,01 Gew.-% Bor können in der Legierung des Gegenstandes der vorliegenden Erfindung anwesend sein. In dieser Hinsicht kann eine geringe, jedoch wirksame Menge (z.B. 0,0005 Gew.-% oder mehr) Bor eingesetzt
5 werden, da angenommen wird, daß dieses sich günstig auf die Korrosionsbeständigkeit sowie auf die Warmverformbarkeit auswirkt.

Geringe Mengen eines oder mehrerer anderer Elemente können ebenfalls in der Legierung des Gegenstandes der
10 vorliegenden Erfindung wegen ihrer vorteilhaften Wirkung beim Raffinieren (z.B. Desoxidation und/oder Entschwefeln) der Schmelze anwesend sein. Beispielsweise können Elemente wie Magnesium, Aluminium und/oder Titan, neben Silicium, der Schmelze zur Unterstützung
15 der Desoxidation und zur günstigen Beeinflussung der Warmverformbarkeit, wie sich mit Hilfe der Hochtemperatur-Duktilität messen läßt, zugesetzt werden. Wenn solche Elemente zugesetzt werden, sollten die betreffenden Mengen so festgelegt werden, daß die in der Legierung
20 verbleibenden Rückstandsmengen die Korrosionsbeständigkeit oder andere erwünschte Eigenschaften des Gegenstandes nicht schmälern. Mischmetall (eine hauptsächlich Cer und Lanthan enthaltende Mischung von Selten-
erdmetallen) kann der Schmelze ebenfalls zugesetzt
25 werden, unter anderem zur Entfernung von Schwefel, und es wird angenommen, daß sein Einsatz die Warmverformbarkeit günstig beeinflußt. Hinsichtlich dieser Wirkung braucht jedoch keine bestimmte Menge Mischmetall in der
Legierung zurückgehalten zu werden, da seine günstige
30 Wirkung, falls es eingesetzt wird, sich während des Schmelzvorgangs bei Zusatz von bis zu etwa 0,4 Gew.-%, vorzugsweise von nicht mehr als 0,3 Gew.-%, entfaltet.

11.10.64

3445056

- 19 -

In der Legierung des Gegenstandes der vorliegenden Erfindung muß ein ausgewogenes Verhältnis zwischen den Austenit bildenden Elementen (d.h. Kohlenstoff, Stickstoff und Nickel) und den die Sigmaphase bildenden Elementen (d.h. Silicium, Mangan, Chrom und Molybdän) gemäß der folgenden Beziehung hergestellt werden:

$$C + N \geq \frac{Cr + Mo + 1,5 Si + 0,87 Mn - Ni - 6,1}{30} \quad I$$

In Verbindung mit geeigneten konventionellen Verfahren zur Bearbeitung von Legierungen [z.B. Umschmelzen mit Abschmelzelektroden, etwa dem Elektroschlackenumschmelzen, nachfolgendem Homogenisieren bei etwa 1205°C bis 1260°C (etwa 2200°F bis 2300°F) und anschließendem Schmieden von etwa 1205°C bis 1260°C (etwa 2200°F bis 2300°F)] sichert diese Beziehung I für den Ausgleich der Elemente, daß die Sigma-Phase keine nennenswerte nachteilige Wirkung auf die anschließende Warmverformung der Legierung oder die Korrosionsbeständigkeit und die mechanischen Eigenschaften des Gegenstandes ausübt. Vorzugsweise werden die Elemente gemäß der folgenden Beziehung gegeneinander ausgeglichen:

$$C + N \geq \frac{Cr + Mo + 1,5 Si + 0,87 Mn - Ni - 4,3}{30} \quad II$$

so daß ein signifikant reduzierter Umfang und/oder Grad der Bearbeitung von Legierungen [z.B. Umschmelzen mit Abschmelzelektroden und lediglich Schmieden von etwa 1205°C bis 1260°C (etwa 2200°F bis 2300°F)] angewandt werden kann, um sicherzustellen, daß die Sigma-Phase keine nennenswerte nachteilige Wirkung auf die anschließende Warmverformung der Legierung oder die Korrosionsbeständigkeit und die mechanischen Eigenschaften

11.10.71

3445056

- 20 -

des Gegenstandes ausübt. Besonders bevorzugt werden die Elemente gemäß der folgenden Beziehung gegeneinander ausgeglichen:

$$C + N \geq \frac{Cr + Mo + 1,5 Si + 0,87 Mn - Ni - 2,7}{30} \quad III$$

- 5 so daß ein noch geringerer Umfang und/oder Grad der Bearbeitung von Legierungen [z.B. Umschmelzen mit Abschmelzelektroden und lediglich Homogenisieren bei etwa 1205°C bis 1260°C (etwa 2200°F bis 2300°F)] angewandt werden kann, um sicherzustellen, daß die Sigma-Phase
- 10 keine nennenswerte nachteilige Wirkung auf die anschließende Warmverformung der Legierung oder die Korrosionsbeständigkeit und die mechanischen Eigenschaften des Gegenstandes ausübt. Ganz besonders bevorzugt werden die Elemente gemäß der folgenden Beziehung gegen-
- 15 einander ausgeglichen:

$$C + N \geq \frac{Cr + Mo + 1,5 Si + 0,87 Mn - Ni - 1,4}{30} \quad IV$$

- so daß ein noch geringerer Umfang und Grad der Bearbeitung von Legierungen [z.B. lediglich Umschmelzen mit Abschmelzelektroden] angewandt werden kann, um
- 20 sicherzustellen, daß die Sigma-Phase keine nennenswerte nachteilige Wirkung auf die anschließende Warmverformung der Legierung oder die Korrosionsbeständigkeit und die mechanischen Eigenschaften des Gegenstandes ausübt.

- Keine speziellen Techniken sind beim Schmelzen, beim
- 25 Gießen und bei der Bearbeitung der Legierung des Gegenstandes der vorliegenden Erfindung erforderlich. Im allgemeinen wird das Lichtbogenschmelzen mit Argon-Sauerstoff-Entkohlung bevorzugt, jedoch können auch

11.12.54

3445056

- 21 -

andere Arbeitsweisen angewandt werden. Der anfängliche Rohblock wird vorzugsweise als Elektrode gegossen und umgeschmolzen (z.B. mittels Vakuum-Lichtbogenumschmelzen oder Elektroschlackenumschmelzen), um die Bildung der Sigma-Phase auf ein Minimum zu beschränken und die Homogenität der Gußlegierung zu erhöhen. Auch Arbeitstechniken der Pulvermetallurgie können eingesetzt werden, um eine bessere Kontrolle und Vermeidung unerwünschter Bestandteile oder Phasen in der Legierung zu ermöglichen. Die Legierung kann bei etwa 1150°C bis 1260°C (etwa 2100°F bis 2300°F), vorzugsweise bei etwa 1205°C bis 1260°C (etwa 2200°F bis 2300°F), homogenisiert werden. Die Legierung kann aus einer Ofentemperatur von etwa 1120°C bis 1260°C (etwa 2050°F bis 2300°F), vorzugsweise bei etwa 1205°C bis 1260°C (etwa 2200°F bis 2300°F), warmverformt werden, wobei soweit erforderlich wieder erhitzt wird. Zwischenglühen (Rekristallisationsglühen) kann bei etwa 1040°C bis 1205°C (etwa 1900°F bis 2200°F), vorzugsweise bei etwa 1150°C bis 1205°C (etwa 2100°F bis 2200°F), erfolgen, wobei die Zeitdauer von den Abmessungen des Gegenstandes abhängt. Die Warmverformung kann zwischen etwa 815°C und 1205°C (etwa 1500°F und 2200°F) durchgeführt werden, vorzugsweise durch Drehschmieden. Gemäß der vorliegenden Erfindung wird die Legierung bei einer Temperatur von etwa 815°C bis 900°C (1500°F bis 1650°F) in signifikanter Weise warmverformt, ungeachtet irgendeines vorherigen Homogenisierens, Heißbearbeitens, Glühens oder Warmverformens der Legierung oberhalb von etwa 900°C (etwa 1650°F). Nach dem Warmverformen wird die Legierung abgeschreckt. Beliebige Abschreckmedien können eingesetzt werden, darunter auch das Kühlen in Luft, wenngleich eine Flüssigkeit (z.B. Wasser) bevorzugt wird, um die Chancen einer Bildung der Sigma-Phase

11-15-56

3445056

- 22 -

oder von Carbid- oder Carbonitrid-Niederschlägen auf ein Minimum zu senken. Im Anschluß an dieses Abschrecken mit Hilfe einer Flüssigkeit kann die Legierung auf etwa 925°C bis 1040°C (etwa 1700°F bis 1900°F) erhitzt und danach erneut mit Hilfe einer Flüssigkeit abgeschreckt werden, um die Spannungen zu vermindern und während der Warmverformung gebildete Carbid- oder Carbonitrid-Niederschläge wieder aufzulösen, vorausgesetzt, daß die 0,2-proz. Streckfestigkeit dadurch nicht auf einen Wert unterhalb von etwa 620 MPa (etwa 90 ksi) verringert wird.

Die Legierung des Gegenstandes gemäß der vorliegenden Erfindung läßt sich zu einer großen Vielfalt verschiedener Formen und für eine breite Mannigfaltigkeit von Einsatzzwecken verformen. Der Gegenstand eignet sich für Knüppel, Stäbe, Stangen, Streifen, Platten oder Bleche, die in konventionellen Arbeitsgängen erhalten werden. Wie jedoch bereits im Vorstehenden angegeben wurde, eignet sich der Gegenstand besonders für das Formen in einen warmverformten Gegenstand, der bei seiner Verwendung der Bohrflüssigkeit oder dem Spülschlamm bei Arbeiten beim Ölbohren ausgesetzt ist, etwa Schwerstangen oder MWD-Geräte-Gehäusen, die große Querschnittabmessungen besitzen / d.h. einen Durchmesser von etwa 12,7 cm (etwa 5 inch) oder größer. Die Legierungs-Zusammensetzung für diesen Verwendungszweck (in Gew.-%) besteht im wesentlichen aus den Elementen gemäß Anspruch 1.

Beispiele

Beispiele für Legierungen, die bei den großformatigen warmverformten Gegenständen gemäß der vorliegenden

11.12.64

3445056

Erfindung verwendet werden können, sind in der nachstehenden Tabelle I aufgeführt.

Tabelle I
Elemente* (Gew.-%)

5	<u>Bei-</u>									
	<u>spiel</u>	<u>C</u>	<u>Mn</u>	<u>Si</u>	<u>Cr</u>	<u>Ni</u>	<u>Mo</u>	<u>N</u>	<u>B</u>	<u>Fe</u>
	1	0,034	4,88	0,27	20,22	17,76	5,14	0,36	0,0025	Rest
	2	0,015	4,87	0,39	20,04	17,62	5,16	0,34	0,0026	Rest
	3	0,025	4,95	0,47	20,35	17,68	5,25	0,34	0,0029	Rest
10	4	0,040	4,86	0,33	20,08	17,90	5,11	0,37	0,0031	Rest

* Es betragen die Mengen an P nicht mehr als etwa 0,03 Gew.-%, S nicht mehr als 0,01 Gew.-%, Cu nicht mehr als 0,3 Gew.-%, Co nicht mehr als 0,7 Gew.-%, Nb nicht mehr als 0,1 Gew.-%, W nicht mehr als 0,2 Gew.-%, V nicht mehr als 0,2 Gew.-%, und Al, Mg und Ti nicht mehr als 0,1 Gew.-%.

Durch Lichtbogenschmelzen wurden Schmelzen der Beispiele 1 und 2 hergestellt, dann mittels Argon-Sauerstoff entkohlt, dann via Elektroschlacke umgeschmolzen und dann von 1205°C (2200°F) bzw. 1120°C (2050°F) geschmiedet. Aus jeder Erhitzung wurden Proben von 5,1 cm x 12,7 cm x 2,5 cm (2 inch x 5 inch x 1 inch) geschnitten, und einige dieser Proben wurden 60 min bei 1260°C (2300°F) homogenisiert, mit Wasser abgeschreckt, durch Walzen von 980°C (1800°F) bis hinunter auf etwa 815°C (etwa 1500°F) warm verformt und dann an der Luft gekühlt. Die erhaltenen Probekörper von etwa 5 cm x 20 cm x 1,6 cm (etwa 2 inch x 8 inch x 0,625 inch) wurden 1 h bei 675°C (1250°F) sensibilisiert und dann an der Luft gekühlt, so daß diese Probekörper

Gegenstände mit großen Querschnitt-Abmessungen / d.h. einem Durchmesser von etwa 12,7 cm (etwa 5 inch) oder mehr / simulierten. Die Streckfestigkeit jeder Probe wurde gemäß ASTM E 8-81 gemessen. Die Ergebnisse sind
5 in der nachstehenden Tabelle II aufgeführt.

Tabelle II

	<u>Beispiel</u>	<u>0,2-proz. Streckfestigkeit</u>	
		<u>MPa</u>	<u>(ksi)</u>
10	1	788,1	(114,3)
	2	741,9	(107,6)

Einige der Proben von 5,1 cm x 12,7 cm x 2,5 cm (2 inch x 5 inch x 1 inch) wurden durch Walzen von 1260°C (2300°F) warm verformt. Die erhaltenen Probekörper von etwa 5 cm x 46 cm x 0,71 cm (etwa 2 inch x 18 inch x 0,28 inch) wurden dann 30 min bei 1175°C (2150°F) geglüht, mit Wasser abgeschreckt, durch Walzen von 980°C (1800°F) bis hinunter auf etwa 815°C (etwa 1500°F) warm verformt und dann an der Luft gekühlt. Die erhaltenen Probekörper von etwa 5 cm x 89 cm x 0,36 cm (etwa 2 inch x 35 inch x 0,14 inch) wurden 1 h bei 675°C (1250°F) sensibilisiert und dann an der Luft gekühlt. Die Beständigkeit jeder Probe gegen durch Chlorid verursachte Lochfraß-Korrosion wurde nach ASTM G 48-76 72 h bei 25°C in 10 Gew.-% $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ gemessen. Die
25 Ergebnisse sind in der nachstehenden Tabelle III aufgeführt.

1108

3445056

- 25 -

Tabelle III

	<u>Beispiel</u>	<u>Lochfraß</u>	
		<u>mg/cm²</u>	
5	1	20,6	20,8
	2	3,1	4,4

Es ist anzumerken, daß die verwendeten Begriffe und Ausdrücke Zwecken der Beschreibung, jedoch nicht der Beschränkung, dienen und diese Begriffe und Ausdrücke die Verwendung von äquivalenten Merkmalen oder von
10 Teilen derselben nicht ausschließen, sondern daß vielmehr verschiedenartige Abänderungen innerhalb des Umfangs der beanspruchten Erfindung möglich sind.

In der Zeichnung ist ein Anwendungsbeispiel der erfindungsgemäßen Legierung dargestellt. Die einzige Figur
15 zeigt einen Längsschnitt einer verkürzten Schwerstange, die Teil eines Bohrstranges ist. Die Schwerstange ist als starkwandiges langes Rohr 1 ausgebildet, das aus den in den vorstehenden Beispielen angegebenen Legierungen hergestellt sein kann und die geschilderten guten
20 Eigenschaften hat. Das Rohr 1 ist an beiden Enden mit einem Außengewinde 2 bzw. 3 versehen. Sein Innendurchmesser a ist etwa halb so groß wie sein Außendurchmesser b. Dieses Verhältnis ändert sich mit zunehmendem Außendurchmesser des Rohres 1, weil die Wandstärke des Rohres 1 durch die Bohrbedingungen bestimmt
25 wird.

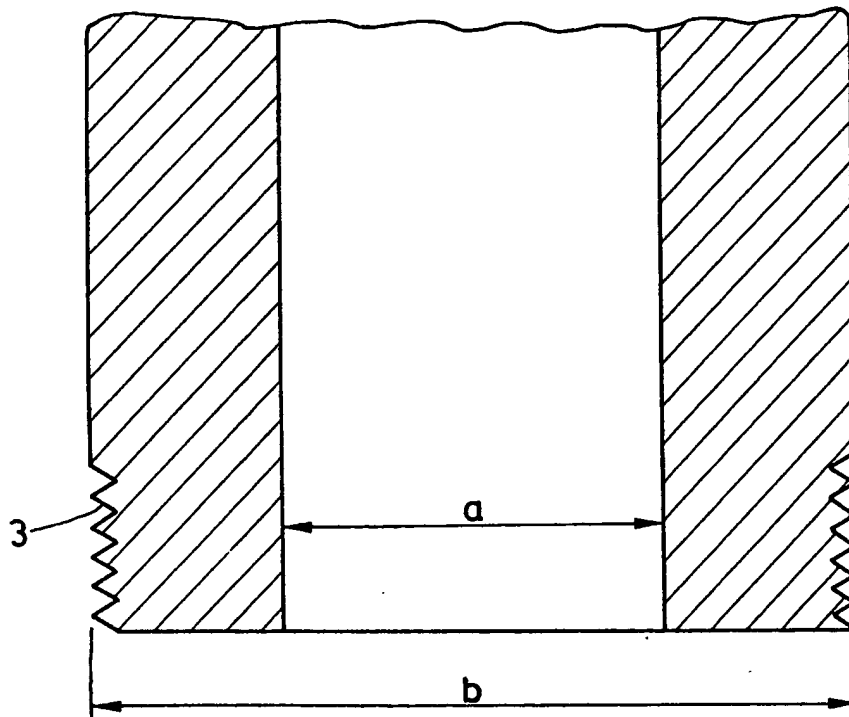
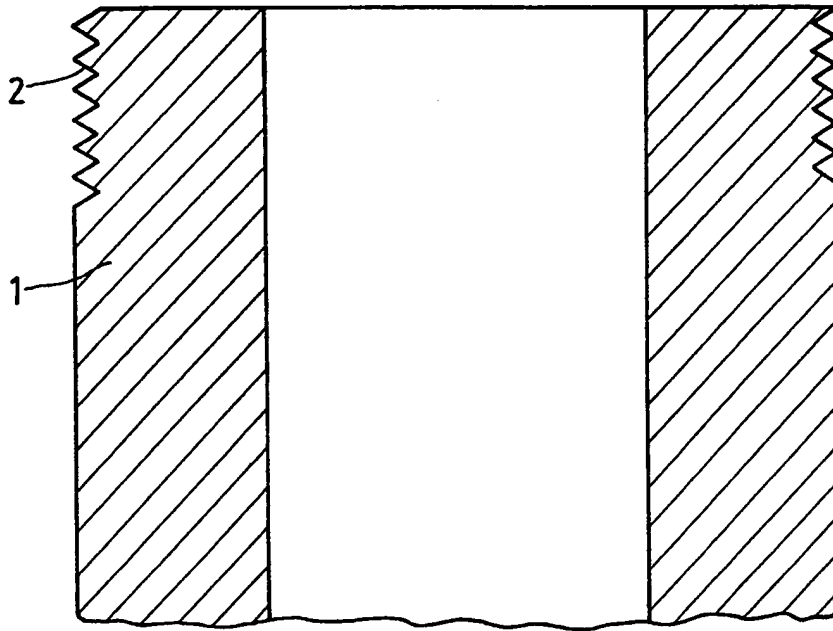
-26-

- Leerseite -

-27-
-1/1-

Nummer:
Int. Cl.³:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

34 45 056
C 22 C 38/44
11. Dezember 1984
13. Juni 1985



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.